

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-257860

(43)Date of publication of application : 12.09.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/20  
H01L 21/268  
H01L 21/336  
H01L 29/786

(21)Application number : 2002-262137

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 06.09.2002

(72)Inventor : NAKAYAMA JUNICHIRO  
OKAZAKI SHINYA

(30)Priority

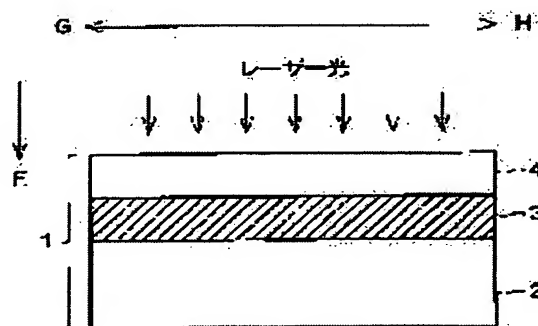
Priority number : 2001401049 Priority date : 28.12.2001 Priority country : JP

## (54) SEMICONDUCTOR ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor element in which device characteristics can be improved by unifying a cooling rate of a semiconductor element melted by laser irradiation, and unifying/increasing grain sizes of growing crystals, and to provide a method for producing the element.

SOLUTION: A semiconductor element 1, in which a base film 3 and a silicon film 4 are stacked in this order on a transparent substrate 2, is characterized in that the base film 3 has a higher thermal conductivity than that of the semiconductor film 4, and the semiconductor film 4 is a layer of semiconductor that is melted by irradiating the semiconductor element 1 with laser and then crystallized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-257860  
(P2003-257860A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	5 F 0 5 2
21/268		21/268	F 5 F 1 1 0
21/336		29/78	6 2 7 C
29/786			6 2 6 C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-262137 (P2002-262137)  
(22) 出願日 平成14年9月6日 (2002.9.6)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-401049 (P2001-401049)  
(32) 優先日 平成13年12月28日 (2001.12.28)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72) 発明者 中山 純一郎  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72) 発明者 岡崎 真也  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(74) 代理人 100080034  
弁理士 原 謙三 (外3名)

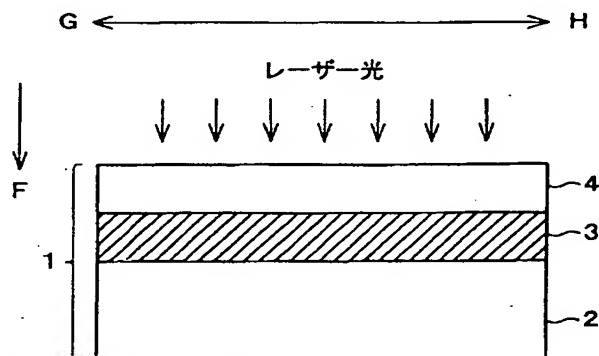
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザ照射により熔融した半導体素子の冷却速度を均一にし、成長する結晶を均一かつ大きくすることで、デバイス特性を向上できる半導体素子およびその製造方法を提供することにある。

【解決手段】 透明基板2上に、下地膜3、シリコン膜4の順に積み重ねられた半導体素子1であって、下地膜3は、半導体膜4よりも熱伝導度が高く、半導体膜4は、半導体素子1をレーザ照射することにより熔融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする半導体素子。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、

上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高く、  
上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする半導体素子。

【請求項2】下地層は半導体層よりも熱伝導度が7倍以上高いことを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。

【請求項3】基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、

上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高く、  
上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする半導体素子。

【請求項4】下地層は基板よりも熱伝導度が10倍以上高いことを特徴とする請求項3に記載の半導体素子。

【請求項5】下地層は窒化アルミニウムを主成分とすることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項6】下地層が窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項7】下地層が窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物を主成分とすることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項8】下地層が酸化マグネシウムを主成分とすることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項9】下地層が酸化セリウムを主成分とすることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項10】基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、

上記下地層は、窒化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物、酸化マグネシウムまたは酸化セリウムを主成分とし、

上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする半導体素子。

【請求項11】半導体層は、上記半導体素子を局部的にレーザ照射することにより、層の厚みに亘って溶融された半導体層を結晶化し、照射部分を半導体層の面方向に段階的に移動させることにより結晶領域が拡大された層であることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項12】基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、  
上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を溶融し、溶融した半導体層を結晶化する工程を備え、

上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高いことを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項13】基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、

上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を溶融し、溶融した半導体層を結晶化する工程を備え、  
上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高いことを特徴とする半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザを用いて非晶質半導体材料を結晶化した半導体素子およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般的に、半導体デバイスの製造方法として、単結晶シリコン(Si)材料を用いる方法があるが、この製造方法の他にもガラス基板上にシリコン薄膜を形成したシリコン薄膜を用いる製造方法がある。ガラス基板上に形成したシリコン薄膜を用いることによって製造された半導体デバイスは、イメージセンサやアクティブマトリクス液晶表示装置の一部として用いられる。

【0003】ここで、液晶表示装置において、半導体デバイスは、透明な基板上に規則的なアレイとして配列されるTFT(Thin Film Transistor, 薄膜トランジスタ)として用いられる。そして、上記TFTの各トランジスタは、液晶表示装置における画素コントローラとして作用する。なお、従来、液晶表示装置のTFTは、非晶質シリコン膜により形成されている。

【0004】ところが、近年、電子の移動度の低い非晶質シリコン膜の代わりに、電子の移動度の高い多結晶シリコン膜を用いて、TFTのスイッチング特性を増強し、表示速度を高速化したTFT液晶表示装置が製造されるようになってきている。ここで、多結晶シリコン膜を製造する方法として、例えば、基板上に堆積している非晶質または微結晶シリコン膜にエキシマレーザを照射して結晶化(ELC, Excimer Lazer Crystalization)する方法がある。

【0005】上記ELC法は、サンプルに対し、一定速度で走査しながら、長さ200~400mm、幅0.2~1.0mm程度の線状レーザビームを半導体膜上に連続的に照射する方法が一般的である。このときレーザを照射した部分の半導体膜は、厚さ方向全域に亘って溶融するのではなく、一部の半導体膜領域を残したまま溶融する。このため、未溶融領域/溶融領域界面全面において、いたるところに結晶核が発生し、半導体膜最表層に向かって結晶が成長し、ランダムな方位の結晶粒が形成されるため、結晶粒径は100~200nmと非常に小さくなる。

【0006】多結晶シリコン膜の結晶粒界には、不対電子が多数存在するためポテンシャル障壁を形成し、キャ

リアの強い散乱体として作用する。従って結晶粒界が少ない、つまり結晶粒径が大きい多結晶シリコン膜で形成されたTFTほど、一般に電界効果移動度は高くなる。

【0007】しかしながら、従来のELC法では、前述のように、未熔融領域／熔融領域界面のランダムな位置において結晶化が起こる縦方向結晶成長であるので、大粒径の多結晶シリコン膜を得ることは難しいため、電界効果移動度の高いTFTを得ることが困難であった。また、ランダムに結晶化するため、このような場合、各TFT相互間で構造の不均一性が生じると共に、TFTアレイにスイッチング特性の不均一性が生じてしまうという不具合が生じる。また、このような不具合が生じると、TFT液晶表示装置において、1つの表示画面中に表示速度の速い画素と表示速度の遅い画素とが並存するという問題が生じる。

【0008】そこで、特表2000-505241号公報では、いわゆる非晶質材料の結晶横方向成長(SLS, Sequential Lateral Solidification)法が提案されている。この方法は、図5に示すようなレーザ加工装置によって、微細幅のパルスレーザを半導体に照射し、半導体膜をレーザ照射領域の厚さ方向全域にわたって熔融、凝固させて結晶化を行うものである。このレーザ加工装置によれば、光源100から出射したエキシマレーザが、ビームスプリッタ101により分離され、光透過性を有する透明基板102上における半導体膜(半導体材料)103の両面に照射される。ここで、半導体膜103は、図6に示すように下地膜104とシリコン膜105とから構成される。

【0009】以下、上記方法の手順を示す。まず、図6に示すように、透明基板102上の半導体膜103の延設方向(図中AB方向)に沿って結晶領域を形成するに当たり、半導体膜103内の領域Cに熱を誘導する。熱の誘導は、半導体膜103の領域C以外の領域をマスクングした後、半導体膜103をレーザ露光することにより行われる。これにより、領域Cに照射されたレーザ光のエネルギーが熱エネルギーに変換され、半導体膜103内の領域Cに熱を誘導することができると共に、その厚さにわたって熔融することができる。

【0010】つぎに、領域Cにて熔融されている半導体膜103を冷却することにより凝固させると、図7

(a)に示すように、領域Cとそれ以外の領域との境界から、領域Cの中心に向かうようにして、結晶(同図中の斜線部)が成長する。なお、図7(a)は、図6における半導体膜103をE方向に向けて写した上面図である。

【0011】さらに、図7(b)に示すように、領域C内の結晶が形成されていない部分が含まれるように、領域Cと隣り合う新たな領域Dを設定し、上記手順と同様に領域Dを熔融する。そして、上記同様、領域Dにて熔融されている半導体膜103を凝固させると、図7

(c)に示すように、領域D内に結晶が成長する。

【0012】このような手順を繰り返し、所望の結晶を半導体膜103の延設方向に沿って段階的に形成させることで、図7(d)に示すように、多結晶構造の半導体結晶を拡大させることができる。これにより、結晶粒の大きい多結晶シリコン膜を形成することができる。

【0013】上記方法によれば、例えば2~10 $\mu$ mの微細幅のレーザ照射によって、レーザ照射領域が熔融し、未熔融領域／熔融領域界面から横方向、すなわち基板に水平な方向に結晶成長し、熔融領域中央部において発生した微結晶と、両側から成長した結晶が衝突し、成長が終了する。

【0014】ここで、上記多結晶シリコン膜を構成する各結晶が小さい場合、各結晶の方向および配列がランダムになると共に、角度のある粒界が増加する(大傾角粒界)。このような状態では、上記多結晶シリコン膜において、大傾角粒界が電子の移動を阻害する。この結果、電子の移動度があまり高くなり、TFT液晶表示装置の動作速度はあまり速くならない。一方、各結晶が大きい場合は、このような問題が生じない。したがって、多結晶シリコン膜を構成する各結晶は、規則的かつ均一な構造で結晶化されているのみならず、デバイス性能が制限されない程度にまで、上記各多結晶シリコン膜を構成する各結晶を大きく成長させる必要がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記結晶横方向成長法では、一回のレーザ照射によって成長する各結晶は針状結晶で、その長さは高々1 $\mu$ m程度であり、デバイス性能が制限されない程度の長さの結晶とするためには、多数回のレーザ照射をしなければならない。ところが、上記結晶横方向成長法では、結晶成長方向が一方であるため、一方にのみ長い針状結晶を成長させることができるが、この針状結晶の太さをより太くすることができない。

【0016】そこで、上記結晶横方向成長方法では、結晶が成長する方向をコントロールし、各結晶をできるだけ大きくする試みがなされている。具体的には、半導体膜103の照射エリアを变形させることや(例えば山形のマスクを使用する)、下地膜104またはシリコン膜105を予め变形させることで、結晶が成長する方向をコントロールし、可能な限り、結晶を大きくする工夫がなされている。

【0017】しかしながら、照射エリアを变形したとしても、結晶が成長するエリアの広さは結晶化段階での冷却過程に関連するものであり、単に熔融エリアを变形しただけでは成長する結晶の大きさに限界がある。例えば、照射エリアを上記山形に变形すれば、結晶は山形の頂点から広がる範囲の大きさしか広がらない。

【0018】また、結晶化エリアを予めパターンニングすることにより、多結晶構造体を構成する各結晶を大きく

する手段も考えられる。しかし、この手段によれば、基板全面の結晶化が困難であり、コスト面で不利である。

【0019】さらに、特開平10-163112号公報に記載されている技術では、結晶化される半導体膜の下地膜において、部分的に熱伝導度の異なる材料を設けることにより、結晶化を均一にしようとする試みがなされている。ところが、この製造プロセスによれば、下地層を部分的に成膜しなければならず、工程が複雑になる。

【0020】本発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、結晶横方向成長法を用いて、成長する結晶を均一かつ大きくすることで、デバイス特性を向上できる半導体素子およびその製造方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高く、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0022】また、本発明に係る半導体素子の製造方法は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を溶融し、溶融した半導体層を結晶化する工程を備え、上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高いことを特徴とする。

【0023】上記構成または方法によれば、半導体層がレーザ照射されるとレーザが有するエネルギーの作用により、上記半導体層においてレーザ照射がなされた部分に熱が潜在することとなる。それと共に、レーザ照射なされた上記半導体層から上記下地層へと熱が伝搬する。

【0024】ここで、上記下地層は半導体層よりも熱伝導度が高いので、伝搬された熱が膜全体に亘って拡散する。

【0025】しかし、レーザ照射後、結晶化段階で、高熱伝導性の上記下地層は、吸熱および熱の拡散効果が高いので、半導体層全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地層全面に拡散している熱が上記半導体層全面に作用するので、半導体層全面における冷却速度を均一にできる。すなわち、上記下地層には、半導体層に偏在している熱を均一に潜在させる作用があり、これにより半導体層全面における冷却速度を均一にすることができる。

【0026】一方、半導体層において、結晶化段階で局部的に冷却されずに均一に冷却されると、微結晶の発生が抑制されるため、これに伴って成長する結晶が大きくなる。したがって、上記構成によれば、半導体層全面において、成長する結晶を大きくすることができる。これ

により、電子の移動度が高い半導体素子を提供することができる。

【0027】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層は半導体層よりも熱伝導度が7倍以上高いことを特徴とする。

【0028】上記構成によれば、上記下地層は上記半導体層よりも熱伝導度が7倍以上高いので、上記下地層は高熱伝導性材料であるといえる。また、上記下地層が上記半導体層よりも熱伝導度が7倍以上高い場合、半導体層上に成長する結晶が顕著に大きくなることが期待される。

【0029】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高く、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0030】また、本発明に係る半導体素子の製造方法は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を溶融し、溶融した半導体層を結晶化する工程を備え、上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高いことを特徴とする。

【0031】上記構成または方法によれば、半導体層がレーザ照射されるとレーザが有するエネルギーの作用により、上記半導体層においてレーザ照射がなされた部分に熱が潜在することとなる。それと共に、レーザ照射なされた上記半導体層から上記下地層へと熱が伝搬する。

【0032】ここで、上記SLS法による結晶化では、基本的に、溶融領域で発生した熱は未溶融シリコン領域の方へ横方向に拡散し、溶融領域で発生した熱の一部が基板方向へと拡散することになる。しかしながら、基板が低熱伝導率材料であるので、従来のように該基板に近い熱伝導度の下地層を用いていると、この基板方向へ拡散した熱は横方向への拡散に乏しかったのに対して、本発明では下地層は基板よりも熱伝導度が高いので、この熱が下地層内を横方向に拡散することが可能になる。

【0033】したがって、レーザ照射後、結晶化段階で、高熱伝導性の上記下地層は、吸熱および熱の拡散効果が高いので、半導体層全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地層全面に拡散している熱が上記半導体層全面に作用するので、半導体層全面における冷却速度を均一にできる。これによって、半導体層全面において、成長する結晶を大きくすることができ、電子の移動度が高い半導体素子を提供することができる。

【0034】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層は基板よりも熱伝導度が10倍以上高いことを特徴とする。

【0035】上記構成によれば、上記下地層は上記基板

よりも熱伝導度が10倍以上高いので、上記下地層は高熱伝導性材料であるといえる。また、上記下地層が上記基板よりも熱伝導度が10倍以上高い場合、半導体層上に成長する結晶が顕著に大きくなることが期待される。

【0036】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層は窒化アルミニウムを主成分とすることを特徴とする。

【0037】上記構成によれば、窒化アルミニウムの熱伝導度は、35 (W/mK) 程度である。したがって、窒化アルミニウムは高熱伝導性を示す。すなわち、下地層として窒化アルミニウムを用いると、成長する結晶をより大きくすることができる。

【0038】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層が窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする。

【0039】上記構成によれば、窒化シリコンの熱伝導度は、10 (W/mK) 程度である。したがって、窒化シリコンは高熱伝導性を示す。また、下地膜としての窒化シリコンは、構成元素にシリコンを含むため、積層するアモルファスシリコンとの整合性がよい。

【0040】さらに、下地膜としての窒化シリコンおよびアモルファスシリコンは、いずれもCVD (Chemical Vapor Deposition) で成膜することができる。また、下地膜として窒化シリコンを用いた場合、同一のシリコンターゲットを用いて、反応性スパッタリングにより窒化シリコンを成膜すると共に、通常のスパッタリングによりアモルファスシリコンを成膜できる。したがって、下地膜として窒化アルミニウムを用いずに窒化シリコンを用いると、上記半導体素子の製造工程を簡略化できる。

【0041】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層が窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物を主成分とすることを特徴とする。

【0042】上記構成によれば、窒化アルミニウムと窒化シリコンとの組成比率に従って、下地層の熱伝導度を自由に設計することが可能である。これにより、成膜される結晶の大きさを調整することができるので、レーザ発振装置に対応したデバイスの膜厚、構成を設計することが可能になる。

【0043】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層が酸化マグネシウムを主成分とすることを特徴とする。

【0044】上記構成によれば、下地膜として酸化マグネシウムが用いられているが、酸化マグネシウムは熱伝導度が高いだけでなく、多結晶ながら非常に結晶配向性が高い。したがって、酸化マグネシウムの下地層上に形成される半導体層の結晶が同一方向に配向される可能性が高くなる。これにより、半導体層においても結晶の配向性を高めることができ、半導体素子の電子の移動度を

高くすることができる。

【0045】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、下地層が酸化セリウムを主成分とすることを特徴とする。

【0046】上記構成によれば、下地層として酸化セリウムが用いられているが、酸化セリウムは熱伝導度が高いだけでなく、多結晶ながら非常に配向性が高い。したがって、酸化セリウムの下地層上に形成される半導体層の結晶が同一方向に配向される可能性が高くなる。これにより、半導体層においても結晶の配向性を高めることができ、半導体素子の電子の移動度を高くすることができる。さらに酸化セリウムの格子定数は5.41Åと、シリコンの格子定数5.43Åに非常に近いという特徴をもち、シリコンとの整合性もよい。

【0047】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、窒化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物、酸化マグネシウムまたは酸化セリウムを主成分とし、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0048】上記構成によれば、上記材料から成る下地層は、従来材料の二酸化シリコンなどに比べて熱伝導度が高く、半導体層および基板よりも熱伝導度が高いので、伝搬された熱が膜全体に亘って拡散する。したがって、該下地層には、半導体層に偏在している熱を均一に潜在させる作用があり、これにより半導体層全面における冷却速度を均一にすることができる。

【0049】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、上記の構成に加えて、半導体層は、上記半導体素子を局部的にレーザ照射することにより、層の厚みに亘って溶融された半導体層を結晶化し、照射部分を半導体層の面方向に段階的に移動させることにより結晶領域が拡大された層であることを特徴とする。

【0050】上記構成による半導体層は、いわゆる結晶横方向成長方法により結晶領域が拡大された層である。結晶横方向成長方法によれば、上記半導体素子を局部的にレーザ照射し、層の厚みに亘って半導体層を溶融すると、完全に溶融されていない部分から層の面方向（延設方向）に向けて結晶が成長する。さらに照射部分を半導体層の面方向に段階的にスライドさせることで、半導体層における結晶領域を拡大できる。

【0051】さらに、上記構成によれば、半導体層全面における冷却速度を均一にできる。したがって、半導体層に形成される各結晶をより大きくできると共に、各結晶の大きさをより均一に揃えることができる。これにより、例えば、多結晶構造の上記半導体がTFETアレイとして用いられる場合、各結晶から製造される各TFET相互間で、スイッチング特性を揃えることができる。



## 【0052】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕本発明の実施の一形態を、図1、図2、図8および図9に基づいて説明すると以下の通りである。

【0053】図1は、本発明の実施の一形態に係る半導体素子1の側面図を示す。半導体素子1は、透明基板（基板）2上に、下地膜（下地層）3、シリコン膜（半導体層）4の順に積層されて構成されている。ここで、本実施の形態1では、シリコン膜4および透明基板2と熱伝導度が大幅に異なる窒化アルミニウムが下地膜3として用いられている点に特徴がある。なお、本実施の形態1では、下地膜3の膜厚を100nm、シリコン膜4の膜厚を50nmとしているが、これらの数値に限定されるものではない。

【0054】下地膜3は、蒸着、イオンプレーティング、またはスパッタリングなどにより透明基板2上に積層される。そして、シリコン膜4は、プラズマエッチング（PECVD、Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition）、蒸着、またはスパッタリングなどにより下地膜3上に積層される。この時点で、シリコン膜4は、アモルファス（非晶質）の状態である。

【0055】次に、室温において、短パルスレーザを図中F方向へ向けて、シリコン膜4の表面に照射する。この短パルスレーザのエネルギーにより、アモルファス状態のシリコン膜4は一旦熔融する。その後、冷却することにより、熔融したシリコン膜4は、結晶化する。なお、本実施の形態1では、短パルスレーザとして、波長308nm（XeCl）、パルス幅30nsのエキシマレーザを用いているが、レーザであれば上記エキシマレーザに限定されない。

【0056】ここで、本実施の形態1のプロセスにより結晶化させたシリコン膜4と従来のプロセスにより結晶化させたシリコン膜とを比較するため、SEM（Scanning Electron Microscope）により結晶表面の観察を行う。まず、本実施の形態1の半導体素子1および従来の半導体素子について、1回のレーザ照射によりシリコン膜を結晶化させ、SECOエッチングを行う。このようにして処理された後のシリコン膜について、SEMにより拡大観察した結果を図9に示す。

【0057】図9（a）は本実施の形態1のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像であり、図9（b）は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像である。また、図2は、図9に示した結晶の大きさ、配置をより分かり易く模式化した図である。すなわち、図2（a）は本実施の形態1のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を示した拡大模式図であり、図2（b）は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を示した拡大模式図である。なお、本実施の形態1と従来のプロセスとの相違

点は、上述のように、本実施の形態1では下地膜3として窒化アルミニウムが用いられているが、従来のプロセスでは二酸化シリコンが用いられている点である。

【0058】図2（a）と図2（b）とを比較すれば、従来のプロセスよりも本実施の形態1によるプロセスの方が、成長する結晶が大きいくことがわかる。

【0059】これは、シリコン膜4の熱伝導度が1（W/mK）程度であり、下地膜3としての窒化アルミニウムの熱伝導度が図8（a）で示すように35（W/mK）程度であり、透明基板2の熱伝導度が図8（b）で示すように0.8（W/mK）程度であり、下地膜3としての窒化アルミニウムの熱伝導度がシリコン膜4および透明基板2に比べて大幅に高いことに起因する。

【0060】つまり、下地膜3の熱伝導度が大幅に高いと、レーザ照射することにより、下地膜3に到達した熱は、下地膜3内を速やかに延設方向（図1のGH方向）に拡散、潜在化する。一方、レーザ照射により、シリコン膜4は熔融するが、シリコン膜内の熱は拡散しにくく、熱の潜在エリアに偏りが生じている。

【0061】そして、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、高熱伝導性の下地膜3は、シリコン膜4に偏って潜在している熱を吸収して拡散する。これに伴い、シリコン膜4全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地膜3全面に拡散している熱が上記シリコン膜4全面に作用するので、シリコン膜4全面における冷却速度が均一になる。

【0062】一方、従来のプロセスにおいて、下地膜3としての二酸化シリコンの熱伝導度は、上記図8（b）で示すように1.4（W/mK）程度であり、シリコン膜4の熱伝導度とほぼ等しい。したがって、下地膜3としての二酸化シリコンは熱伝導性が小さく、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、下地膜3がシリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うことはない。

【0063】したがって、本実施の形態1のプロセスでは、下地膜3としての窒化アルミニウムが、シリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、従来よりも熔融領域中央部が周辺部より先に冷却されることなく、シリコン膜4の周辺部から中央部に向かって順に冷却されてゆくため、熔融領域中央部における微結晶の発生を抑制することができる。このため、熔融領域の凝固過程において、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は、熔融領域中央部において従来では発生していた微結晶によって、その成長を抑制されることがない。その結果、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は非常に大きくなる。

【0064】〔実施の形態2〕本発明に係る他の実施の一形態を、説明すると以下の通りである。なお、以下に示す本実施の形態2の各部材は、実施の形態1で下地膜3として使用されている「窒化アルミニウム」が、「窒化シリコン」に変更されている以外に変更点がない。し

たがって、本実施の形態2では、説明の便宜上、図1、図2、図8および図9を用いて説明する。

【0065】上記図1に、本発明の実施の形態2に係る半導体素子1の側面図を示す。半導体素子1は、透明基板2上に、下地膜3、シリコン膜4の順に積層されて構成されている。ここで、本実施の形態2では、上述のように、窒化シリコンが下地膜3として用いられている点に特徴がある。なお、本実施の形態2では、下地膜3の膜厚を100nm、シリコン膜4の膜厚を50nmとしているが、これらの数値に限定されるものではない。

【0066】下地膜3は、蒸着、イオンプレーティングまたはスパッタリングなどにより透明基板2上に積層される。そして、シリコン膜4は、プラズマエンハンスド化学気相堆積(PECVD)、蒸着、またはスパッタリングなどにより下地膜3上に積層される。この時点で、シリコン膜4は、アモルファス(非晶質)の状態である。

【0067】次に、室温において、短パルスレーザを図中F方向へ向けて、シリコン膜4の表面に照射する。この短パルスレーザのエネルギーにより、アモルファス状態のシリコン膜4は一旦溶融する。その後、冷却することにより、溶融したシリコン膜4は、結晶化する。なお、本実施の形態2では、短パルスレーザとして、波長308nm(XeCl)、パルス幅30nsのエキシマレーザを用いているが、レーザであれば上記エキシマレーザに限定されない。

【0068】ここで、本実施の形態2のプロセスにより結晶化させたシリコン膜4と従来のプロセスにより結晶化させたシリコン膜とを比較するため、SEMにより結晶表面の観察を行う。まず、本実施の形態2の半導体素子1および従来の半導体素子について、1回のレーザ照射によりシリコン膜を結晶化させ、SECOエッチングを行う。このようにして処理された後のシリコン膜について、SEMにより拡大観察した結果は、上述の実施の形態1と同様に、図9に示すようになる。

【0069】図9(a)は本実施の形態2のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像であり、図9(b)は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像である。また、図2は、図9に示した結晶の大きさ、配置をより分かり易く模式化した図である。すなわち、図2(a)は本実施の形態2のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を示した拡大模式図であり、図2(b)は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を示した拡大模式図である。なお、本実施の形態2と従来のプロセスとの相違点は、上述のように、本実施の形態2では下地膜3として窒化シリコンが用いられているが、従来のプロセスでは二酸化シリコンが用いられている点である。

【0070】図2(a)と図2(b)とを比較すれば、

従来のプロセスよりも本実施の形態2によるプロセスの方が、成長する結晶が大きいことがわかる。

【0071】これは、シリコン膜4の熱伝導度が1(W/mK)程度であり、下地膜3としての窒化シリコンの熱伝導度が上記図8(a)で示すように10(W/mK)程度であり、下地膜3としての窒化シリコンの熱伝導度がシリコン膜4および透明基板2に比べて大幅に高いことに起因する。

【0072】つまり、下地膜3の熱伝導度が大幅に高いと、レーザ照射することにより、下地膜3に到達した熱は、下地膜3内を速やかに延設方向(図1のGH方向)に拡散、潜在化する。一方、レーザ照射により、シリコン膜4は溶融するが、シリコン膜4内の熱は拡散しにくく、熱の潜在エリアに偏りが生じている。

【0073】そして、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、シリコン膜4全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地膜3全面に拡散している熱が上記シリコン膜4全面に作用するので、シリコン膜4全面における冷却速度が均一になる。

【0074】一方、従来のプロセスにおいて、下地膜3としての二酸化シリコンの熱伝導度は、1.4(W/mK)程度で、シリコン膜4の熱伝導度とほぼ等しい。したがって、下地膜3としての二酸化シリコンは熱伝導性が小さく、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、下地膜3がシリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うことはない。

【0075】したがって、本実施の形態2のプロセスでは、下地膜3としての窒化シリコンが、シリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、従来よりも溶融領域中央部が周辺部より先に冷却されることなく、シリコン膜4の周辺部から中央部に向かって順に冷却されてゆくため、溶融領域中央部における微結晶の発生を抑制することができる。このため、溶融領域の凝固過程において、未溶融領域と溶融領域との界面から横方向に成長する結晶は、溶融領域中央部において従来では発生していた微結晶によって、その成長を抑制されることがない。その結果、未溶融領域と溶融領域との界面から横方向に成長する結晶は非常に大きくなる。

【0076】また、下地膜3としての窒化シリコンは、実施の形態1の下地膜である窒化アルミニウムより熱伝導度は低いものの、構成元素がシリコンであることから、積層するアモルファスシリコンとの整合性がよい。

【0077】さらに、下地膜3としての窒化シリコンおよびシリコン膜4は、いずれもCVDで成膜することができる。また、下地膜3として窒化シリコンを用いた場合、同一のシリコンターゲットを用いて、反応性スパッタリングにより窒化シリコンを成膜すると共に、通常のスパッタリングによりアモルファス状態のシリコンを成膜できる。したがって、下地膜3として窒化アルミニウムを用いずに窒化シリコンを用いると、下地膜3の熱伝



導度が下がるものの、製造プロセスを簡略化できる。

【0078】〔実施の形態3〕本発明に係る他の実施の一形態を、説明すると以下の通りである。なお、以下に示す本実施の形態3の各部材は、実施の形態1で下地膜3として使用されている「窒化アルミニウム」が、「窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物」に変更されている以外に変更点がない。したがって、本実施の形態3では、説明の便宜上、図1、図2、図8および図9を用いて説明する。

【0079】上記図1に、本発明の実施の形態3に係る半導体素子1の側面図を示す。半導体素子1は、透明基板2上に、下地膜3、シリコン膜4の順に積層されて構成されている。ここで、本実施の形態3では、上述のように窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物が、下地膜3として用いられている点に特徴がある。なお、本実施の形態3では、下地膜3の膜厚を100nm、シリコン膜4の膜厚を50nmとしているが、これらの数値に限定されるものではない。

【0080】下地膜3は、蒸着、イオンプレーティング、またはスパッタリングなどにより透明基板2上に積層される。そして、シリコン膜4は、プラズマエンハンスド化学気相堆積(PECVD)、蒸着またはスパッタリングなどにより下地膜3上に積層される。この時点で、シリコン膜4は、アモルファス(非晶質)の状態である。

【0081】次に、室温において、短パルスレーザを図中F方向へ向けて、アモルファスシリコン膜4の表面に照射する。この短パルスレーザのエネルギーにより、アモルファス状態のシリコン膜4は一旦熔融する。その後、冷却することにより、熔融したシリコン膜4は、結晶化する。なお、本実施の形態3では、短パルスレーザとして、波長308nm(XeCl)、パルス幅30nsのエキシマレーザを用いているが、レーザであれば上記エキシマレーザに限定されない。

【0082】ここで、本実施の形態3のプロセスにより結晶化させたシリコン膜4と従来のプロセスにより結晶化させたシリコン膜とを比較するため、SEMにより結晶表面の観察を行う。まず、本実施の形態3の半導体素子1および従来の半導体素子について、1回のレーザ照射によりシリコン膜を結晶化させ、SECOエッチングを行う。このようにして処理された後のシリコン膜について、SEMにより拡大観察した結果は、上述の実施の形態1、2と同様に、図9に示すようになる。

【0083】図9(a)は本実施の形態3のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像であり、図9(b)は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像である。また、図2は、図9に示した結晶の大きさ、配置をより分かり易く模式化した図である。なお、本実施の形態3と従来のプロセスと

の相違点は、上述のように、本実施の形態3では下地膜3として窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物が用いられているが、従来のプロセスでは下地膜として二酸化シリコンが用いられている点である。

【0084】図2(a)と図2(b)とを比較すれば、従来のプロセスよりも本実施の形態3によるプロセスの方が、成長する結晶が大きいたことがわかる。

【0085】これは、シリコン膜4の熱伝導度が1(W/mK)程度であり、下地膜3としての窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物の熱伝導度は上記図8

(a)で示すように20(W/mK)程度に設定されており、下地膜3としての窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物の熱伝導度が大幅に高いことに起因する。

【0086】つまり、下地膜3の熱伝導度が大幅に高いと、レーザ照射することにより、下地膜3に到達した熱は、下地膜3内を速やかに延設方向(図1のGH方向)に拡散、潜在化する。一方、レーザ照射により、シリコン膜4は熔融するが、シリコン膜内の熱は拡散しにくく、熱の潜在エリアに偏りが生じている。

【0087】そして、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、半導体膜4全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地膜3全面に拡散している熱が上記シリコン膜4全面に作用するので、シリコン膜4全面における冷却速度が均一になる。

【0088】一方、従来のプロセスにおいて、下地膜3としての二酸化シリコンの熱伝導度は、上記のように1.4(W/mK)程度であり、シリコン膜4の熱伝導度とはほぼ等しい。したがって、下地膜3としての二酸化シリコンは熱伝導性が小さく、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、下地膜3がシリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うことはない。

【0089】したがって、本実施の形態3のプロセスでは、下地膜3としての窒化アルミニウムと窒化シリコンとの混合物が、シリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、従来よりも熔融領域中央部が周辺部より先に冷却されることなく、シリコン膜4の周辺部から中央部に向かって順に冷却されてゆくと、熔融領域中央部における微結晶の発生を抑制することができる。このため、熔融領域の凝固過程において、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は、熔融領域中央部において従来では発生していた微結晶によって、その成長を抑制されることがない。その結果、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は非常に大きくなる。

【0090】また、本実施の形態3では、窒化アルミニウムと窒化シリコンの混合物からなる下地膜3の熱伝導度を上記のように20(W/mK)程度と設定しているが、窒化アルミニウムと窒化シリコンとの組成比率に従って熱伝導度を自由に設計することが可能である。

【0091】〔実施の形態4〕本発明に係る他の実施の

一形態を、説明すると以下の通りである。なお、以下に示す本実施の形態4の各部材は、実施の形態1で下地膜3として使用されている「窒化アルミニウム」が、「酸化マグネシウム」に変更されている以外に変更点がない。したがって、本実施の形態4では、図1～図3、図8および図9を用いて説明する。

【0092】上記図1に、本発明の実施の形態4に係る半導体素子1の側面図を示す。半導体素子1は、透明基板2上に、下地膜3、シリコン膜4の順に積層されて構成されている。ここで、本実施の形態4では、上述のように、酸化マグネシウムが、下地膜3として用いられている点に特徴がある。なお、本実施の形態4では、下地膜3の膜厚を100nm、シリコン膜4の膜厚を50nmとしているが、これらの数値に限定されるものではない。

【0093】下地膜3は、蒸着、イオンプレーティングまたはスパッタリングなどにより透明基板2上に積層される。そして、シリコン膜4は、プラズマエンハンスド化学気相堆積(PECVD)、蒸着またはスパッタリングなどにより下地膜3上に積層される。この時点で、シリコン膜4は、アモルファス(非晶質)の状態である。

【0094】次に、室温において、短パルスレーザを図中F方向へ向けて、シリコン膜4の表面に照射する。この短パルスレーザのエネルギーにより、アモルファス状態のシリコン膜4は一旦熔融する。その後、冷却することにより、熔融したシリコン膜4は、結晶化する。なお、本実施の形態4では、短パルスレーザとして、波長308nm(XeCl)、パルス幅30nsのエキシマレーザを用いているが、レーザであれば上記エキシマレーザに限定されない。

【0095】ここで、本実施の形態4のプロセスにより結晶化させたシリコン膜4と従来のプロセスにより結晶化させたシリコン膜とを比較するため、SEMにより結晶表面の観察を行う。まず、本実施の形態4の半導体素子1および従来の半導体素子について、1回のレーザ照射によりシリコン膜を結晶化させ、SECOエッチングを行う。このようにして処理された後のシリコン膜について、SEMにより拡大観察した結果は、上述の実施の形態1～3と同様に、図9に示すようになる。

【0096】図9(a)は本実施の形態4のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像であり、図9(b)は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像である。また、図2は、図9に示した結晶の大きさ、配置をより分かり易く模式化した図である。なお、本実施の形態4と従来のプロセスとの相違点は、上述のように、本実施の形態4では下地膜3として酸化マグネシウムが用いられているが、従来のプロセスでは二酸化シリコンが用いられている点である。

【0097】図2(a)と図2(b)とを比較すれば、従来のプロセスよりも本実施の形態4によるプロセスの方が、成長する結晶が大きいことがわかる。

【0098】これは、シリコン膜4の熱伝導度が1(W/mK)程度であり、下地膜3としての酸化マグネシウムの熱伝導度は上記図8(a)で示すように60(W/mK)程度であり、下地膜3としての酸化マグネシウムの熱伝導度が大幅に高いことに起因する。

【0099】つまり、下地膜3の熱伝導度が大幅に高いと、レーザ照射することにより、下地膜3に到達した熱は、下地膜3内を速やかに延設方向(図1のGH方向)に拡散、潜在化する。一方、レーザ照射により、シリコン膜4は熔融するが、シリコン膜内の熱は拡散しにくく、熱の潜在エリアに偏りが生じている。

【0100】そして、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、半導体膜4全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地膜3全面に拡散している熱が上記シリコン膜4全面に作用するので、シリコン膜4全面における冷却速度が均一になる。

【0101】一方、従来のプロセスにおいて、下地膜としての二酸化シリコンの熱伝導度は、上記1.4(W/mK)程度であり、シリコン膜4の熱伝導度とはほぼ等しい。したがって、下地膜3としての二酸化シリコンは熱伝導性が小さく、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、下地膜3がシリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うことはない。

【0102】したがって、本実施の形態4のプロセスでは、下地膜3としての酸化マグネシウムが、シリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、従来よりも熔融領域中央部が周辺部より先に冷却されることなく、シリコン膜4の周辺部から中央部に向かって順に冷却されてゆくため、熔融領域中央部における微結晶の発生を抑制することができる。このため、熔融領域の凝固過程において、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は、熔融領域中央部において従来では発生していた微結晶によって、その成長を抑制されることがない。その結果、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は非常に大きくなる。

【0103】また、酸化マグネシウムは、熱伝導度が高いだけでなく、多結晶ながら非常に結晶配向性が高い。ここで、酸化マグネシウムの結晶構造についてのXRD測定を行った。この結果を図3(a)に示す。このように、酸化マグネシウムの結晶格子においては、図3(a)(b)に示すように、例えば(111)方向のみに配向させることが可能であるので、シリコン膜4の結晶が同一方向に結晶化される可能性が高くなる。したがって、シリコン膜4における結晶の配向性を高めることができるので、半導体素子1の移動度を高くできる。

【0104】〔実施の形態5〕本発明に係る他の実施の一形態を、説明すると以下の通りである。なお、以下に

示す本実施の形態5の各部材は、実施の形態1で下地膜3として使用されている「窒化アルミニウム」が、「酸化セリウム」に変更されている以外に変更点がない。したがって、本実施の形態5では、説明の便宜上、上述の図1、図2、図8および図9を用いて説明する。

【0105】上記図1に、本発明の実施の形態5に係る半導体素子1の側面図を示す。半導体素子1は、透明基板2上に、下地膜3、シリコン膜4の順に積層されて構成されている。ここで、本実施の形態5では、上述のように酸化セリウムが、下地膜3として用いられている点に特徴がある。なお、本実施の形態5では、下地膜3の膜厚を100nm、シリコン膜4の膜厚を50nmとしているが、これらの数値に限定されるものではない。

【0106】下地膜3は、蒸着、イオンプレーティングまたはスパッタリングなどにより透明基板2上に積層される。そして、シリコン膜4は、プラズマエンハンスド化学気相堆積(PECVD)、蒸着またはスパッタリングなどにより下地膜3上に積層される。この時点で、シリコン膜4は、アモルファス(非晶質)の状態である。

【0107】次に、室温において、短パルスレーザを図中F方向へ向けて、シリコン膜4の表面に照射する。この短パルスレーザのエネルギーにより、アモルファス状態のシリコン膜4は一旦熔融する。その後、冷却することにより、熔融したシリコン膜4は、結晶化する。なお、本実施の形態5では、短パルスレーザとして、波長308nm(XeCl)、パルス幅30nsのエキシマレーザを用いているが、レーザであれば上記エキシマレーザに限定されない。

【0108】ここで、本実施の形態5のプロセスにより結晶化させたシリコン膜4と従来のプロセスにより結晶化させたシリコン膜とを比較するため、SEMにより結晶表面の観察を行う。まず、本実施の形態5の半導体素子1および従来の半導体素子について、1回のレーザ照射によりシリコン膜を結晶化させ、SECOエッチングを行う。このようにして処理された後のシリコン膜について、SEMにより拡大観察した結果は、上述の実施の形態1~4と同様に、図9に示すようになる。

【0109】図9(a)は本実施の形態5のプロセスにより結晶化したシリコン膜4の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像であり、図9(b)は従来のプロセスにより結晶化したシリコン膜の膜表面を上記SEMによって撮影した膜表面像である。また、図2は、図9に示した結晶の大きさ、配置をより分かり易く模式化した図である。なお、本実施の形態5と従来のプロセスとの相違点は、上述のように、本実施の形態5では下地膜3として酸化セリウムが用いられているが、従来のプロセスでは二酸化シリコンが用いられている点である。

【0110】図2(a)と図2(b)とを比較すれば、従来のプロセスよりも本実施の形態4によるプロセスの方が、成長する結晶が大きいことがわかる。

【0111】これは、シリコン膜4の熱伝導度が1(W/mK)程度であり、下地膜3としての酸化セリウムの熱伝導度は上記図8(a)で示すように10(W/mK)程度であり、下地膜3としての酸化セリウムの熱伝導度が大幅に高いことに起因する。

【0112】つまり、下地膜3の熱伝導度が大幅に高いと、レーザ照射することにより、下地膜3に到達した熱は、下地膜3内を速やかに延設方向(図1のGH方向)に拡散、潜在化する。一方、レーザ照射により、シリコン膜4は熔融するが、シリコン膜内の熱は拡散しにくく、熱の潜在エリアに偏りが生じている。

【0113】そして、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、半導体膜4全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地膜3全面に拡散している熱が上記シリコン膜4全面に作用するので、シリコン膜4全面における冷却速度が均一になる。

【0114】一方、従来のプロセスにおいて、下地膜としての二酸化シリコンの熱伝導度は、上記1.4(W/mK)程度であり、シリコン膜4の熱伝導度とはほぼ等しい。したがって、下地膜3としての二酸化シリコンは熱伝導性をほとんど示さないもので、シリコン膜4の結晶化プロセスにおいて、下地膜3がシリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うことはない。

【0115】したがって、本実施の形態5のプロセスでは、下地膜3としての酸化セリウムが、シリコン膜4の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、従来よりも熔融領域中央部が周辺部より先に冷却されることなく、シリコン膜4の周辺部から中央部に向かって順に冷却されてゆくため、熔融領域中央部における微結晶の発生を抑制することができる。このため、熔融領域の凝固過程において、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は、熔融領域中央部において従来では発生していた微結晶によって、その成長を抑制されることがない。その結果、未熔融領域と熔融領域との界面から横方向に成長する結晶は非常に大きくなる。

【0116】また、酸化セリウムは、熱伝導度が高いだけでなく、実施の形態4で説明した酸化マグネシウムと同じように結晶配向性が高い。したがって、シリコン膜4の結晶が同一方向に結晶化される可能性が高くなる。よって、シリコン膜4における結晶の配向性を高めることができるので、半導体素子1の移動度を高くできる。さらに酸化セリウムの格子定数は5.41Åと、シリコンの格子定数5.43Åに非常に近いという特徴を持ち、酸化セリウムはシリコンとの整合性がよいので、より移動度を高めることができる。

【0117】〔実施の形態6〕本発明の実施の形態6について、図4、図7および図10を用いて簡単に説明すると以下の通りである。

【0118】本実施の形態6に係る半導体素子1の構成は、上述の実施の形態1~5に記載のものと同様である。

ので、説明を省略する。図4はシリコン膜4を結晶化するための装置の概念図を示しており、エキシマレーザ11、可変減衰器12、フィールドレンズ13、パターン化された投影マスク14、結像レンズ15、サンプルステージ16および複数のミラー17…から構成される。このレーザ加工装置を用いることにより、ステージ16上の半導体素子1に放射パルスを供給することができる。なお、エキシマレーザ11には、波長308nmのXeClエキシマレーザが用いられる。

【0119】なお、エキシマレーザ11およびサンプルステージ16は、コントローラ18により制御されており、レーザの照射タイミングおよびサンプルステージ16の位置を調整することができる。これにより、上記装置において、サンプルステージを図中矢印方向に移動させることで、レーザ光が照射されるエリアを移動させることができる。

【0120】ここで、本実施の形態6では、結晶を成長させる手順として、結晶横方向成長方法を用いる。この方法によれば、1回のレーザ照射で、半導体膜における結晶を延設方向に成長させることができるので、レーザ照射が行われる毎に、照射エリアを段階的に移動させる（ステップ移動）ことで、結晶領域を段階的に拡大できる。これにより、多結晶構造の半導体素子における各結晶の成長方向を延設方向に揃えることが可能となる。

【0121】さらに、本発明の半導体素子1では、下地膜3がシリコン膜4全面における結晶化段階の冷却速度を均一にさせる役割を担うので、多結晶構造を構成する各結晶を大きくすることができる。すなわち、本発明の半導体素子1によれば、レーザ照射1回あたりに成長させることができる結晶を従来よりも大きくすることができるので、結晶が成長する方向をコントロールさせることで、さらに大きな結晶を成長させ、成長方向を揃えることも可能となる。

【0122】さらに、本実施の形態6の手順によれば、下地層3は、透明基板2上の全面に亘って成膜されるので、下地膜3を部分的に成膜する工程を含んだ特開平10-163112号公報記載の技術よりも製造工程（結晶化プロセス）を短縮化できる。

【0123】なお、多結晶構造の半導体素子1が、照射エリアを段階的に移動させることで形成される具体的手順については、従来技術で説明したので、ここでは省略する。

【0124】また、上記の実施の形態1～5では、下地膜3の膜厚を100nmとして説明したが、上述のようにこれらの数値に限定されるものではない。そこで、実施の形態1のように、下地膜3として窒化アルミニウムを用いて、該下地膜3の膜厚を2～200nmの範囲で変化させた場合の結晶成長長さを図10に示す。図10において、○印は結晶成長長さが従来構造よりも長くなったことを表している。この図10から明らかなよう

に、4～120nmで結晶成長長さが従来構造よりも長くなり、特に4～50nmではより効果が顕著であった。

【0125】また、上記下地膜3として、主成分が窒化アルミニウムであって、窒化シリコンを含む誘電体材料が用いられてもよい。

【0126】さらにまた、上述の説明では、シリコン膜4と下地層3との熱伝導度の関係について述べているけれども、透明基板2としては、図8(b)で示すように、下地層3に比べて熱伝導度が1/10より小さい低熱伝導度の材料を採用することで、該透明基板2側への熱の放散が少なくなって上述のような下地層3内での熱の拡散が顕著になり、好適である。

【0127】最後に、上述した実施の形態1～5は、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲内で種々の変更が可能である。

【0128】

【発明の効果】本発明に係る半導体素子は、以上のように、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高く、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより溶融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0129】また、本発明に係る半導体素子の製造方法は、以上のように、基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を溶融し、溶融した半導体層を結晶化する工程を備え、上記下地層は、上記半導体層よりも熱伝導度が高いことを特徴とする。

【0130】それゆえ、結晶化段階で、高熱伝導性の上記下地層は、吸熱および熱の拡散効果が高いので、半導体層に偏って潜在している熱を吸収して拡散する。これに伴い、半導体層全面に熱が均一に潜することになると同時に、上記下地層全面に拡散している熱が上記半導体層全面に作用するので、半導体全面における冷却速度を均一にできる。すなわち、上記下地層には、半導体層に偏在している熱を均一に潜在させる作用があり、これにより半導体層全面における冷却速度を均一にすることができる。そして、半導体層において、結晶化段階で冷却速度が均一になると、これに伴って成長する結晶が大きくなる。したがって、上記構成によれば、半導体層全面において、成長する結晶を大きくすることができる。これにより、電子の移動度が高い半導体素子を提供することができるという効果を奏する。

【0131】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層は半導体層よりも熱伝導度が7倍以上高いことを特徴とする。

【0132】それゆえ、上記下地層は高熱伝導性材料であるといえる。また、上記下地層が上記半導体層よりも

熱伝導度が7倍以上高い場合、半導体層上に成長する結晶が顕著に大きくなるという効果を奏する。

【0133】本発明に係る半導体素子は、以上のように、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高く、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより熔融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0134】また、本発明に係る半導体素子の製造方法は、以上のように、基板上に、下地層、半導体層を順に積層させた半導体素子の製造方法であって、上記半導体素子をレーザ照射することにより半導体層を熔融し、熔融した半導体層を結晶化する工程を備え、上記下地層は、上記基板よりも熱伝導度が高いことを特徴とする。

【0135】それゆえ、レーザ照射後、結晶化段階で、高熱伝導性の上記下地層は、吸熱および熱の拡散効果が高いので、半導体層全面に熱が均一に潜在することになると同時に、上記下地層全面に拡散している熱が上記半導体層全面に作用するので、半導体層全面における冷却速度を均一にできる。これによって、半導体層全面において、成長する結晶を大きくすることができ、電子の移動度が高い半導体素子を提供することができるという効果を奏する。

【0136】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層は基板よりも熱伝導度が10倍以上高いことを特徴とする。

【0137】それゆえ、上記下地層は上記基板よりも熱伝導度が10倍以上高いので、上記下地層は高熱伝導性材料であるといえる。また、上記下地層が上記基板よりも熱伝導度が10倍以上高い場合、半導体層上に成長する結晶が顕著に大きくなるという効果を奏する。

【0138】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層は窒化アルミニウムを主成分とすることを特徴とする。

【0139】それゆえ、窒化アルミニウムの熱伝導度は、 $\sim 35$  (W/mK) であり、下地層は高熱伝導性を示すので、成長する結晶をより大きくすることができる。

【0140】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層が窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする。

【0141】それゆえ、下地膜としての窒化シリコンは、構成元素にシリコンを含むため、積層するアモルファスシリコンとの整合性がよい。さらに、下地膜としての窒化シリコンおよびアモルファスシリコンは、いずれもCVDで成膜することができる。また、下地膜として窒化シリコンを用いた場合、同一のシリコンターゲットを用いて、反応性スパッタリングにより窒化シリコンを成膜すると共に、通常のスパッタリングによりアモルファスシリコンを成膜できる。したがって、下地膜として

窒化アルミニウムを用いずに窒化シリコンを用いると、上記半導体素子の製造工程を簡略化できるという効果を奏する。

【0142】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層が窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物を主成分とすることを特徴とする。

【0143】それゆえ、成膜される結晶の大きさを調整することができるので、レーザ発振装置に対応したデバイスの膜厚、構成を設計することが可能になる。

【0144】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層が酸化マグネシウムを主成分とすることを特徴とする。

【0145】それゆえ、半導体層においても結晶の配向性を高めることができ、半導体素子の電子の移動度を高くすることができる。

【0146】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、下地層が酸化セリウムを主成分とすることを特徴とする。

【0147】それゆえ、半導体層においても結晶の配向性を高めることができ、半導体素子の電子の移動度を高くすることができるという効果を奏する。

【0148】本発明に係る半導体素子は、上記の課題を解決するために、基板上に、下地層、半導体層の順に積み重ねられた半導体素子であって、上記下地層は、窒化アルミニウム、窒化シリコン、窒化アルミニウムおよび窒化シリコンの混合物、酸化マグネシウムまたは酸化セリウムを主成分とし、上記半導体層は、上記半導体素子をレーザ照射することにより熔融された半導体が結晶化された層であることを特徴とする。

【0149】上記構成によれば、上記材料から成る下地層は、従来材料の二酸化シリコンなどに比べて熱伝導度が高く、半導体層および/または基板よりも熱伝導度が高いので、伝搬された熱が膜全体に亘って拡散する。したがって、該下地層には、半導体層に偏在している熱を均一に潜在させる作用があり、これにより半導体層全面における冷却速度を均一にすることができる。

【0150】本発明に係る半導体素子は、以上のように、上記の構成に加えて、半導体層は、上記半導体素子を局部的にレーザ照射することにより、層の厚みに渡って熔融された半導体層を結晶化し、照射部分を半導体層の面方向に段階的に移動させることにより結晶領域が拡大された層であることを特徴とする。

【0151】それゆえ、照射部分を半導体層の面方向に段階的にスライドさせることで、半導体層における結晶領域を拡大できる。さらに、上記構成によれば、半導体層全面における冷却速度を均一にできる。したがって、半導体層に形成される各結晶をより大きくできると共に、各結晶の大きさをより均一に揃えることができる。これにより、例えば、多結晶構造の上記半導体がTFT

アレイとして用いられる場合、各結晶から製造される各TFT相互間で、スイッチング特性を揃えることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体素子の側面図である。

【図2】(a)は、上記半導体素子において、結晶化した半導体膜をSEMで撮影した膜表面像を示した模式図であり、(b)は、従来の半導体素子において、結晶化した半導体膜をSEMで撮影した膜表面像を示した模式図である。

【図3】(a)は、上記半導体素子の下地膜である酸化マグネシウムの結晶について、XRD測定をした際の回折パターンを示した説明図であり、(b)は、上記酸化マグネシウムの結晶の配向を示した説明図である。

【図4】上記半導体素子を製造できるレーザ加工装置を示した概略構成図である。

【図5】従来技術である横方向結晶成長法を実現できるレーザ加工装置を示した概略構成図である。

【図6】上記横方向結晶成長法により製造される半導体素子を示した側面図である。

【図7】(a)ないし(d)は、上記横方向結晶成長法によって、膜表面に結晶を成長させる手順を示したものであり、半導体素子の上面図である。

【図8】各種材料の熱伝導度を示した説明図である。

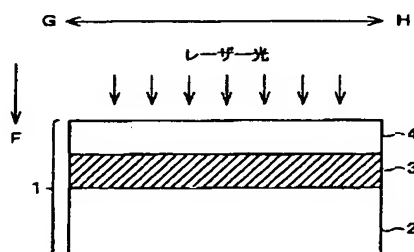
【図9】(a)は、上記半導体素子において、結晶化した半導体膜をSEMで撮影した膜表面像を示した図であり、(b)は、従来の半導体素子において、結晶化した半導体膜をSEMで撮影した膜表面像を示した図である。

【図10】下地膜として窒化アルミニウムを用いて、膜厚を変化させた場合の結晶成長長さの変化を示す図である。

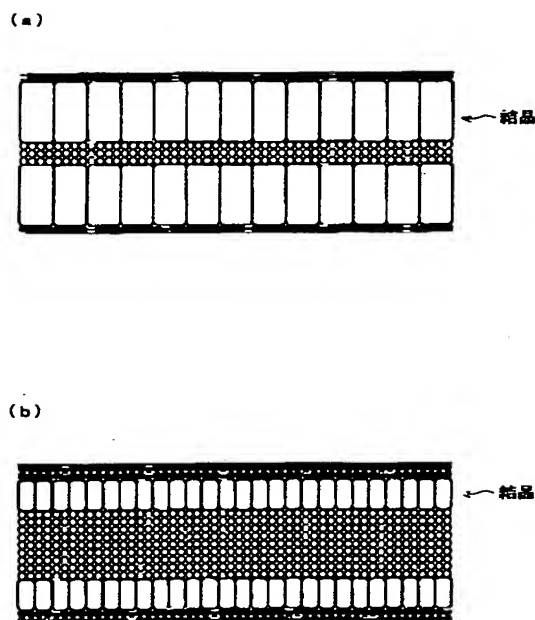
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | 半導体素子       |
| 2  | 透明基板(基板)    |
| 3  | 下地膜(下地層)    |
| 4  | シリコン膜(半導体層) |
| 11 | エキシマレーザ     |
| 12 | 可変減衰器       |
| 13 | フィールドレンズ    |
| 14 | 投影マスク       |
| 15 | 結像レンズ       |
| 16 | サンプルステージ    |
| 17 | ミラー         |
| 18 | コントローラ      |

【図1】

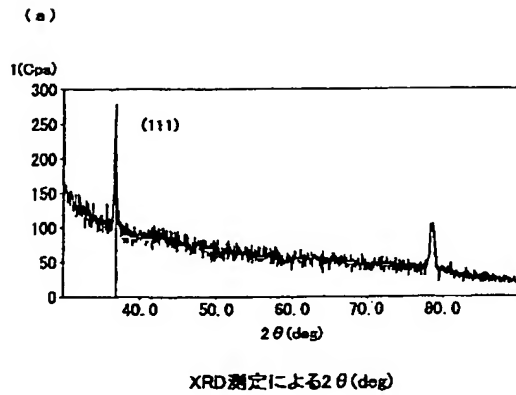


【図2】

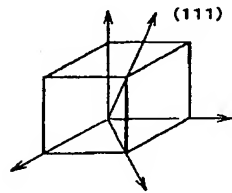




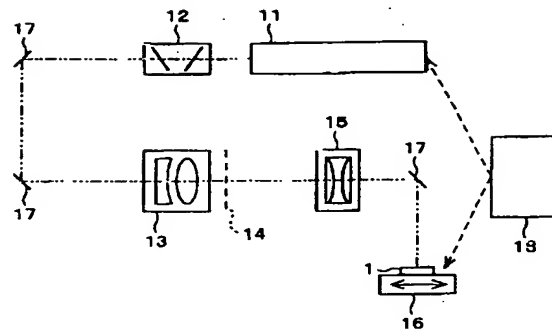
【図3】



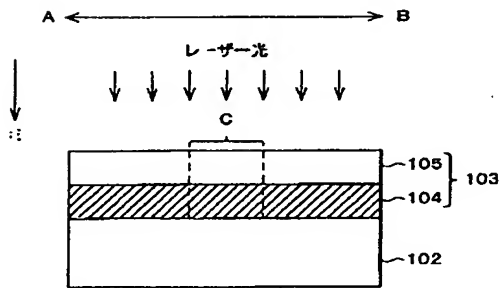
(b)



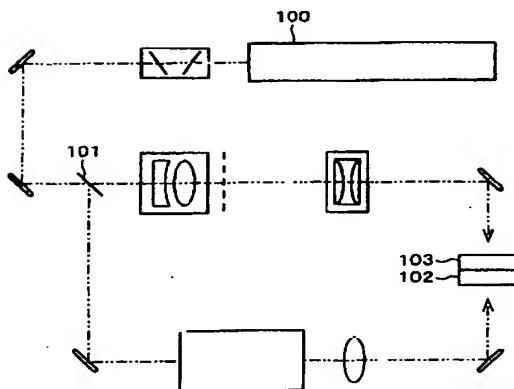
【図4】



【図6】



【図5】



【図8】

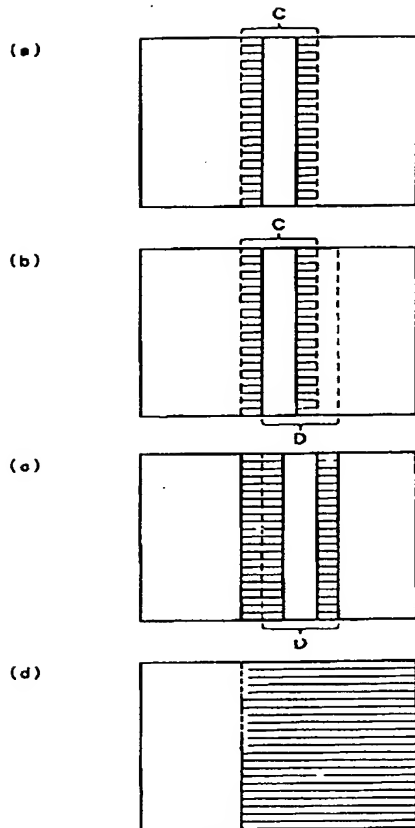
(a)

高熱伝導性材料	熱伝導率(W/mK)
AlN	~35
SiN <sub>x</sub>	~10
AlSiN	~20
MgO	~60
CeO <sub>2</sub>	~10

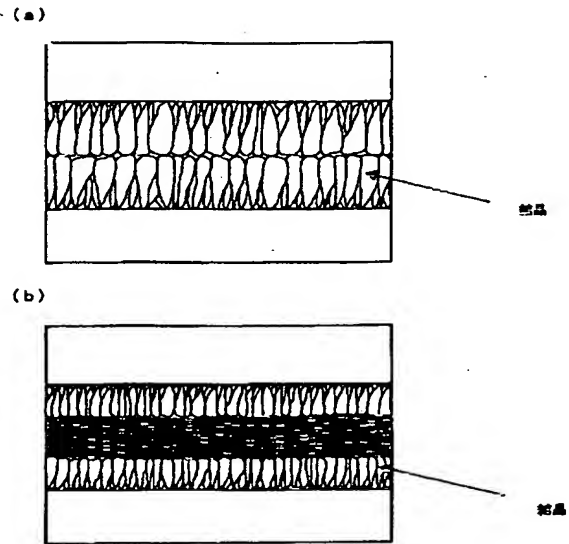
(b)

低熱伝導性材料	熱伝導率(W/mK)
ガラス	~0.8
SiO <sub>2</sub>	~1.4

【図7】



【図9】



【図10】

下地膜の膜厚 (nm)	結晶成長長さ
2	
4	○
8	○
25	○
60	○
80	○
100	○
120	○
150	
200	

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F052 AA02 BA01 BA07 BA12 BA18  
BB07 CA04 CA10 DA02 DB03  
DB05 DB07 EA11 FA01 JA01  
5F110 AA16 AA17 AA30 BB01 BB10  
DD12 DD13 DD14 GG02 GG13  
GG16 GG17 GG25 GG43 GG45  
PP04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**